



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 40 07 963 A 1**

②1 Aktenzeichen: P 40 07 963.5
②2 Anmeldetag: 13. 3. 90
④3 Offenlegungstag: 19. 9. 91

⑤1 Int. Cl.⁵:
F 28 D 9/02
F 28 D 7/08
F 28 B 3/04
F 28 B 9/08
F 28 G 9/00
F 28 F 3/02
F 28 F 5/00
F 28 F 21/00
F 28 F 13/06
F 24 F 3/147
F 24 F 7/08
F 24 F 7/10
// F 28 D 21/00

DE 40 07 963 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:

Oberschmid, Raimund, Dr.rer.nat., 8400 Regensburg,
DE; Oberschmid, Karl-Nikolaus, 8871 Winterbach,
DE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

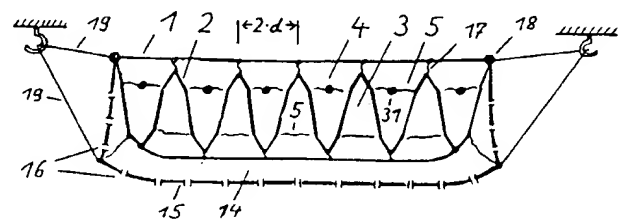
⑤4 Aufspann-/Aufblas-Wärmetauscher für die Klimatisierung bes. für landwirtschaftliche Viehställe

⑤7 Ausführungsform und Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauschers (Wärmeübertragers) zur Wärmeenergieübertragung von warmer Abluft zur kälteren Zuluft von zu klimatisierenden Ställen mit vorzugsweise niederen Luftströmungsgeschwindigkeiten ($< 2 \text{ m/s}$) und niederen Druckdifferenzen ($< 50 \text{ Pa}$) innerhalb des Tauschers, der vorzugsweise als flacher Kunststoffschlauch mit mit vorgefertigt eingezogenen Zu- und Abluftkanälen an der Stalldecke ausgespannt ist und vorzugsweise gleichzeitig die Funktion der Zuluftverteilung mit übernimmt.

Die Trennwände zwischen den Zu- und Ablufttauschkammern sind vorzugsweise flexibel und die Querschnitte der Zu- und Abluftkammern sind durch die Druckdifferenzen zwischen diesen Kammern und/oder durch zusätzliche Zugseile steuerbar.

Mit einer einzigen Umlenkstellklappe kann so evtl. der Zu- und Abluftzweig des Wärmetauschers gleichzeitig sinnvoll gesteuert werden und z. B. unterschiedliche Wärmeleistungen im Stall und an verschiedene Außentemperaturen (Tag/Nacht, Sommer/Winter) stufenlos angepaßt werden. Dieser Wärmetauscher kann gegenüber bisherigen Anlagen billiger großvolumig ausgelegt werden und hat dadurch weniger Strömungswiderstand, so daß leiselaufende Langsamläufer-Ventilatoren mit niedrigem Energieverbrauch eingesetzt werden können, oder ganz auf Ventilatoren verzichtet werden kann.

Figur 4c zeigt den Querschnitt eines als Halbzeug vorgefertigten kombinierten Tauscher-/Zuluftverteilungs-Schlauches in beispielhafter ...



DE 4007963 A 1

Beschreibung

Wärmetauscher, eigentlich physikalisch treffender als Wärmeübertrager bezeichnet, dienen zur Übertragung der Wärme von einem wärmeren Medium zu einem kälteren Medium. In der Klimatechnik werden Wärmetauscher oft zur Aufwärmung der frischen kalten Zuluft durch die warme (mit Schadstoffen wie Kohlendioxid, Ammoniak, Wasserdampf usw. angereicherten) Abluft eingesetzt.

Zunehmend werden auch in landwirtschaftlichen Viehställen derartige Anlagen zur Wärmerückgewinnung aus der Abluft zur Anwärmung der frischen Zuluft in den kälteren Jahreszeiten eingesetzt.

Dies rührt daher, daß die besonders auf Leistung (z. B. Milchleistung, Fleischzunahme) gezüchteten Tiere in der Regel gesundheitlich weniger widerstandsfähig sind und die Möglichkeit des Austauschs von Krankheitserregern bei der heutigen spezialisierten Produktionsform, wo, z. B. Mastkälber aus vielen verschiedenen Milchviehbetrieben zusammengeführt werden, stark zugenommen hat, auf ein möglichst gleichmäßiges gutes Stallklima angewiesen sind, um diese Leistungen zu erbringen. Beispielsweise wird heute eine Stalltemperatur von 14° bis 17°C auch im Winter (bei Außentemperaturen unter -15°C) gefordert — wobei die Luftfeuchte unter 80% bleiben sollte und eine Mindestluftrate von ca. 30 m³/h/Tier auch bei kältesten Außentemperaturen garantiert sein sollte.

Das ist wirtschaftlich nur mit einer Wärmerückgewinnungsanlage möglich. Dabei sind eine Reihe verschiedener Verfahren und Bauformen bekannt. Da die Zuluft nicht der schadstoffbehafteten Abluft vermischt werden soll, kommen in der Klimatechnik nur Wärmetauscher mit eindeutiger Trennung des wärmeabgebenden Abluftstromes und des wärmeaufnehmenden Zuluftstromes in Frage. Die Wärmeübertragung findet in den bekannten Wärmetauschern über wärmeübertragende Trennwände statt. Diese Trennwände sind in bekannten Ausführungsformen Kunststoff-, Glas- oder Metallröhren oder als feste Platten oder in einen festen Rahmen eingespannte Folien.

Die Außenwände des Wärmetauschers sind meist aus Holz, Holzpreßspanplatten, gegossenen Kunststoff- oder Hartschaum-Formteilen.

In der Regel ist der Wärmetauscher in eine Raumklima-Regelungsanlage eingefügt, welche die Wärmeübertragung der Abluft zur Zuluft bei mittleren Außentemperaturen teilweise zu drosseln, und bei hohen Außentemperaturen (Sommerbetrieb) und/oder hoher Wärmequellenleistung im Raum ganz abzuschalten gestattet. Dabei sollen aber auch im Sommer die Zu- und Abluftkanäle mit den Zu- und Abluftventilatoren einsetzbar sein — und zwar mit möglichst deutlich höherer (z. B. der 3fachen) Luftrate L_r als im Winter mit Wärmetauscherbetrieb.

Die herkömmlichen Wärmetauscher sind abgeschlossene Einheiten (Holz- oder Kunststoffschaum-Kästen) mit vier Öffnungen für jeweils den Zu- und Abzug der Frischluft und Abluft.

Die Strömungsquerschnitte der Frischluft und der Abluft innerhalb des Wärmetauschers und die Gesamt-Tauscherfläche (das ist die einfach genommene Gesamtoberfläche der wärmeübertragenden Trennwände zwischen den beiden Gasräumen) sind bei den bekannten Wärmetauschern in der Regel so bemessen, daß der Temperaturwirkungsgrad

$$\epsilon_{\text{temp}} = (\text{temp}_{\text{zu}} - \text{temp}_a) / (\text{temp}_{\text{stall}} - \text{temp}_a) \quad (1)$$

(temp_a = Außenlufttemperatur, temp_{zu} = Zulufttemperatur aus dem Wärmetauscher, $\text{temp}_{\text{stall}}$ = Stall(Abluft)temperatur)

möglichst dem physikalisch höchstmöglichen Wert von ca. 50% mit zusätzlicher Kondensationswärme bei Kondensatbildung evtl. max. bis ca. 60%) entspricht — und zwar über einen weiten Bereich der Luftvolumenströme ($L_r \approx L_{\text{lab}} \approx L_{\text{rzu}} = 0,2 \dots 1 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einer Tauscherfläche von $A_t = 50 \text{ m}^2$).

Bei diesen Tauschern ist die Tauscherfläche in der Regel nach

$$A_t = 90 \dots 180 (\text{s/m})^* L_{\text{rw}} \quad (2)$$

bemessen, wenn L_{rw} die Nenn-Winterluftrate ist.

Die Strömungsquerschnitte $A_{\text{sab}} \approx A_{\text{szu}}$ der Zu- und Abluft im Tauscherkasten selbst sind dann mit z. B. je ca. 0,3 m² so bemessen, daß die Luftströmungsgeschwindigkeiten

$$v_{\text{ab}} \approx L_{\text{lab}}/A_{\text{sab}} \text{ und } v_{\text{zu}} \approx L_{\text{rzu}}/A_{\text{szu}} \quad (3)$$

in der Größenordnung von ca. 1 ... 5 m/s liegen (Angaben nach Referenz 1).

Der hohe Tauscherwirkungsgrad sowohl bei niedriger als auch bei hoher Luftrate wird bei dieser Tauscherausbauung dadurch erreicht, daß bei niedriger Luftströmungsgeschwindigkeit die Verweildauer des Gases im Tauscher höher ist und die Wahrscheinlichkeit des Wärmeaustausches durch Diffusion des Gases zu den Tauschertrennwänden (die mittlere Diffusionsstrecke $L_{\text{diff}} = \text{SQR}(0,2 \text{ cm}^2/\text{s}^* \text{ Zeit})$, also etwa 0,4 cm in 1 s und 1 cm in 5 s) höher ist; hingegen bei höheren Luftraten die Diffusionsstrecken zwar (sublinear) kleiner, der Verwirklichungsgrad des Gases aber höher ist, was trotz der kürzeren Verweilzeit des Gases im Tauscher zu gleichhohen oder sogar höherem Wärmeleistungsumsatz und sogar zu höherem Tauscher-Wirkungsgrad ϵ_{temp} führen kann.

Letzteres wird allerdings erkauft durch einen deutlich (quadratisch mit der Luftrate) ansteigenden Strömungswiderstand bei zunehmend turbulent werdender Strömung der Gase im Tauscher.

So benötigt ein derartiger herkömmlicher Tauscher mit z. B. $A_t = 50 \text{ m}^2$ Tauscherfläche bei einer Luftrate von 0,3 m³/s einen Druckabfall von ca. 20 Pa und bei der Nenn-Luftrate von ca. 1 m³/s bereits ca. 200 Pa. Die erforderliche mechanische Ventilatorleistung errechnet sich daraus im ersten Fall zu $P_{\text{vmech}} = dp^* L_r = 6 \text{ W}$ und im zweiten Fall zu 200 W. Da der elektromechanische Wirkungsgrad üblicher Ventilatoren bei ca. 70% liegt, entspricht dies einem elektrischen Leistungsbedarf von ca. 9 W bzw. ca. 300 W. Das entspricht übers Jahr gerechnet bei zwei Ventilatoren je Wärmetauscher einem elektrischen Energiebedarf von ca. 160 kWh bzw. 5200 kWh.

Die hohe erforderliche Ventilatorleistung und zusätzlich der hohe Druckdifferenzbedarf der herkömmlichen Wärmetauscher hat außer den hohen Betriebskosten und der Forderung nach besonders druckstabilen Ventilatoren einen weiteren schweren Nachteil zur Folge: Die Geräuscentwicklung einer Klimaanlage nimmt sowohl mit der Ventilatorleistung als auch mit dem Luftdruck als auch mit der Ventilator-Drehzahl zu.

Die hohe geforderte Druckdifferenz herkömmlicher



Wärmetauscher schließt aber leiselaufende Langsam-läufer als Ventilatoren aus.

Wenn die Außentemperatur zunimmt (am Tag oder zunehmend in der wärmeren Jahreszeit) oder wenn die Tiere mehr Wärme erzeugen (weil sie z. B. unruhig sind oder mit der Zeit größer werden) so steigt die erforderliche Lufrate an. Zugleich wird die Wärmerückgewinnung entbehrlich, bei Außentemperaturen über ca. 15°C sogar ungünstig.

Um das Stallklima unter diesen verschiedenen Bedingungen einigermaßen gleich bzw. im Sommer erträglich zu halten, werden herkömmliche Wärmetauscher-Klimaanlagen mit zwei Regelkreisen oder einem Regelkreis und einer automatischen Steuerung ausgerüstet.

Die erste Regelung regelt die Umdrehungszahl sowohl des Zuluft als auch des Abluftventilators nach der Stalltemperatur. (Dies ist eine Regelung, da die Stalltemperatur von der Lufrate als Stellgröße abhängt!) Die zweite Regelung steuert zwei Luftklappen nach der Zulufttemperatur. Die erste Klappe lenkt je nach Stellung den Abluftstrom in den Wärmetauscher oder direkt in den Abluftkamin; die zweite Klappe gibt einen direkten Zuluftweg an den Zuluftventilator frei, so daß dieser seine Frischluft nicht erst unter hohem Druckverlust durch den Wärmetauscher ansaugen muß. Diese zweite Regelung kann auch als einfache Steuerung der beiden Klappen nach der Außentemperatur ausgeführt sein (so werden evtl. auftretende Regelschwingungen zweier gekoppelter Regelsysteme vermieden!).

Diese aufwendigen Klimaregelungssysteme sind erforderlich, da 1. der Wärmetauscher mit zunehmender Lufrate (z. B. im Sommer) einen hohen Strömungswiderstand darstellt und 2. der Tauscherwirkungsgrad etw. fast unabhängig von der Lufrate ist.

Es wäre nun naheliegend den Tauscherquerschnitt $A_s = A_{szu} + A_{sab}$ zu vergrößern. Dann nimmt der Strömungswiderstand stark ab (nach Hagen-Poiseuille etwa mit $(1/A_s)^{1/2}$). Die Strömungsgeschwindigkeit v nimmt dann auch mit (L_r/A_s) ab und die Luftverweildauer im Tauscher mit (A_s/L_r) zu. Unter Verzicht auf starke turbulente Verwirbelung sollte für denselben Tauscherwirkungsgrad die Tauscherlänge L dann jedoch mit der Lufrate L_r zunehmen. Ein größerer Tauscherquerschnitt A_s bedeutet also immer auch eine Vergrößerung der Tauscherfläche A_t und eine überproportionale Zunahme des Tauschervolumens für gleichen Wirkungsgrad.

Vorstellung der erfindungsgemäßen Ideen

Eine Reihe von erfindungsgemäßen Ideen, welche in einem Hauptanspruch und zwei Nebenansprüchen und weiteren Unteransprüchen zusammengefaßt wurden, und insbesondere die Kombination zumindest einiger dieser Ideen, haben zum Ziel ein neuartiges Wärmerückgewinnungs- und Klimaregelsystem insbesondere für landwirtschaftliche Viehställe zu ermöglichen, welches einfach zu regeln, billig im Betrieb (geringe Ventilatorleistung), wenig lärmbelastend und trotzdem verhältnismäßig billig, d. h. mit wenig Materialaufwand zu verwirklichen ist.

(Natürlich sind diese Ideen nicht grundsätzlich auf landwirtschaftliche Viehställe beschränkt, sondern können vorteilhafterweise auch in Klimaanlagen anderer Räume und für andere Anwendungen wo Wärmeenergie aus Luft zurückgewonnen werden soll, eingesetzt werden.)

Zunächst wird vorgeschlagen den Wärmetauscher

und das Zuluftsystem nach Anspruch 1 zu einer Einheit zu verschmelzen. Am nächsten kommt dieser Idee vermutlich die bekannte Porendecke, wo ein Tauschereffekt durch langsame Durchmischung der sehr homogen von oben einströmenden Frischluft mit der warmen Stalluft erfolgt, allerdings nicht über Trennwände an denen überschüssige Abluftfeuchtigkeit kondensieren kann, welche von dort kontrolliert abgeleitet wird.

Der zweite Vorschlag besteht darin, daß die Kammer-volumina, und damit die Luftströmungsquerschnitte nicht starr, sondern variabel entsprechend einer Regelstellgröße (z. B. Seilzug) eingestellt werden kann — oder noch einfacher entsprechend der Druckdifferenz zwischen den Zu- und Abluft-Gasräumen sich selbstständig einstellt (Anspruch 2).

Der dritte Vorschlag beinhaltet, daß nicht nur die Tauschertrennwände flexibel, sondern auch die Wärmetauscheraußenwände aus flexiblem Material bestehen und der ganze Tauscher somit evtl. nur durch Schwerkraft und Innendruck in Form gehalten wird (Anspruch 3).

Unabhängig von den weiteren Ausgestaltungsmöglichkeiten kann der erfindungsgemäße Wärmetauscher als "Aufblasbarer aufhängbarer leichter Folienwärmetauscher, vorzugsweise verbunden mit einem Zuluftverteilungssystem" angesprochen werden.

Die folgende Beschreibung erklärt und ergänzt zum Teil die vorangestellten Patentansprüche und die Figuren.

Fig. 1 zeigt eine einfache Ausführungsform hauptsächlich nach Anspruch 2, 3, 4 und evtl. 28 als z. B. im Dachraum aufgespannter quaderförmiger Tauscher (1) mit Außenwänden aus (evtl. nach Anspruch 9 wärmeisolierenden) Folien in welchen zwischen zwei Lochrasterfolien (37) flexible Folienröhren (3) als Zuluftkanäle gespannt sind. Diese Folienröhren werden im Tauscherbetrieb durch den vom Zuluftventilator vor der Einlaßöffnung (6) erzeugten Überdruck prall gehalten und fallen bei fehlendem Überdruck, wenn die Frischluft im Sommerbetrieb durch eine Zuluftumstellklappe (12) direkt in den Stall geleitet wird (Tauscher aus), in sich zusammen, so daß der Strömungsquerschnitt im Abluftraum (4) geringer wird, was ein regeltechnisch günstiger Effekt ist. Damit erübrigt sich die üblicherweise erforderliche Abluftumstellklappe (13).

Wesentlich ist, daß dieser Tauscher kostengünstig großvolumig, vorteilhafterweise vorgefertigt, gebaut werden kann (er kann z. B. das 1,5 bis 4fache Volumen herkömmlicher Tauscher gleicher Leistung einnehmen) und er deshalb geringe Strömungswiderstände hat und entsprechend geringe elektrische Ventilatorbetriebskosten und keine aufwendige elektrische Regelung fordert. Außerdem kann der vorgefertigte Folientauscher einfach zusammengefaltet transportiert oder in einem kleinen Paket versandt und einfach und schnell montiert werden.

Bei dem insgesamt großen Luftstromquerschnitt der Luftkammern (3) und (4) kann es sinnvoll sein, eine rein laminare Strömung zu verhindern, damit bei kleiner (Winter-)Lufrate zumindest alle Abluft- bzw. Zuluft-Gasmoleküle mit der Trennfolie (hier Röhrenfolie) (2) in Berührung kommen können um Wärmeenergie zu übertragen. Deshalb kann es sinnvoll sein, den Trennwänden (2) ganz allgemein — und hier den Folienröhren (2) eine unebene, z. B. gewellte Form oder Oberfläche zu geben. Weiter können zwischen den Trennwänden (2) und auch zwischen Trennfolien (2) und Tauscherwänden (1) Distanz- und Luftverwirbelungsseile, -schnüre

oder -streifen ausgespannt sein, die zum einen dem aufgespannten Tauscher innere Zugfestigkeit verleihen und zum anderen für eine mäßige Luftverwirbelung zur Erhöhung des Wärmeenergieübertragungswirkungsgrades sorgen (Ansprüche 6, 7, 8, 28).

Die Fig. 2a) bis c), 3 und 4a) bis d) zeigen nun beispielhaft Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Wärmetauschers, welche die Ansprüche 1, 2 und 3 mit teilweise weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen nachfolgender Ansprüche miteinander verbindet.

Fig. 2a) und b) zeigen zunächst den Quer- bzw. Längsschnitt durch einen an der Stalldecke (30) mit Spannseilen aufgehängten Wärmetauscher (20), der über Zuluftöffnungen (6) an einen Zuluftkanal und über Abluftöffnungen (9) an einen Abluftkamin (29) angepaßt ist.

Zugleich saugt er über Ablufteinlaßöffnungen (8) an der der Auslaßöffnung (9) entgegengesetzten Stirnseite warme Stallluft (Abluft) an und gibt die (angewärmte) Zuluft aus den Zuluftkammern (3) über einen Zuluftverteilerschirm (15) mit feinen Zuluftverteileröffnungen (16) an den Stallraum ab.

Entlang seiner Längsrichtung ist der Tauscher durch mehrere wechselweise aneinanderliegende durch Trennfolien (2) getrennte Zuluftkammerkanälen (3) und Abluftkammerkanälen (4) durchzogen.

Fig. 3 versucht die Anordnung und die Luftstromverhältnisse (ohne Einschränkung der Allgemeinheit) schematisch in einer perspektivischen Darstellung zu verdeutlichen.

Die Länge L des Tauschers zwischen Zuluftkanal und Abluftkamin ist beispielsweise 5 m, seine Breite B z. B. 2 m und seine Höhe H z. B. 0,4 m.

Unterhalb des Abluftkamins 29 können dabei Abluftstellklappen (13) im Sommerbetrieb den direkten Weg der Abluft vom Stallraum zum Abluftkamin freigeben. Außerdem können an den Wärmetauscheranschlußkasten unterhalb des Abluftkamins zu beiden Seiten symmetrisch ein erfindungsgemäßer Wärmetauscher (20) aufgehängt werden, wie das auch in den Fig. 2 und 3 angedeutet ist. Natürlich können von diesem Abluftkamin-Anschlußkasten (sternförmig) ausgehend auch mehrere Wärmetauscherkanäle (20) angeschlossen sein. Aber auch der Zuluftkanalschacht kann in ähnlicher Weise Ausgangspunkt für mehrere Wärmetauscherbahnen (20) sein, wenn dafür gesorgt wird, daß hier Zu- und Abluft getrennt in die jeweiligen Öffnungen (6) bzw. (8) geleitet werden.

Damit das in den Abluftkanälen (4) anfallende Kondenswasser leicht abfließen kann, soll der Wärmetauscher (20) mit einer ausreichenden Neigung gegen die Horizontale von z. B. > 3 Grad aufgespannt sein. Wenn der Tauscher (20) zu den stirnseitigen Ablufteinlaßöffnungen (8) hin nach unten geneigt ist, kann das Kondenswasser einfach aus diesen Öffnungen (8) z. B. in eine darunter aufgehängte Kondenswasserabflußrinne (22) tropfen und so entsorgt werden (vgl. Anspruch 23).

Bei langen Tauschern und wenig freiem Stalldeckenraum kann es zweckmäßig sein, den Tauscher mit einem Knick in der Mitte, wie in Fig. 2c) dargestellt, oder allgemein mit mehreren Vertikalknicken, d. h. zickzackförmig an der Stalldecke aufzuhängen (Anspruch 24). Dann müssen an den jeweils tiefsten Stellen kleine Kondenswasserabflußöffnungen (21) von den Abluftkanälen (3) durch die untere Tauscherwand hindurch und darunterhängenden Abflußrinnen (22) für den Kondenswasserablauf sorgen.

Die Fig. 4a) bis 4d) zeigen nun beispielhaft verschiedene Innen-Ausgestaltungsformen des Deckenhänge-

tauschers nach Anspruch 13 welche etwa der äußeren Form nach den Fig. 2 und 3 entspricht:

Fig. 4a) zeigt die einfachste Ausführungsform des kombinierten Zuluftverteilungs- und Deckenhängetauschers, bestehend aus einer Ober- und Unterfolie, zwischen denen im Abstand von etwa $d = 1$ cm bis 20 cm (je nach gewünschtem Lufraten^o Tauscherwirkungsgrad-Produkt) die Trennfolien (2) zwischen den Zuluftkanälen (3) und den Abluftkanälen (4) gespannt sind. Im Bereich der Zuluftkanäle sind dabei vorzugsweise in die Unterfolie direkt feine Zuluftlöcher oder Schlitze (16) eingearbeitet, welche der Verteilung der im Wärmetauscher angewärmten Zuluft im Stall dienen. Aber auch wenn (z. B. im Sommer) der Wärmetauscher durch Öffnen der Abluftklappen (13) abgeschaltet ist, kann der Deckenhängetauscher (20) vorteilhafterweise weiter seinen Zweck als Zuluftverteilungssystem — das auch bei herkömmlichen Klimaanlageanlagen zusätzlich im Sommer wie im Winter benötigt wird — erfüllen. Dies ist einer der wesentlichen Vorteile des erfindungsgemäßen Tauschersystems nach Anspruch 1.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Wärmetauscher-/Zuluftsystems nach Anspruch 13 ist, daß die wesentlichen Teile als Halbzeug vorgefertigt werden können, entweder vorzugsweise als Folienschlauchsystem nach Anspruch 25 oder 26 oder aus einzelnen vorgefertigten aneinanderschließenden Modulen (Fertigteilschalenformen) nach Anspruch 27, womit eine Klimaanlage leicht und kostengünstig an verschiedene Stallgrößen, Stallformen und Leistungsklassen vor Ort angepaßt oder evtl. erweitert werden kann.

Die angegebenen Einbaubeispiele zeigen die bevorzugte Einbauweise des Tauscher-/Zuluftsystems hängend an der Decke mit den Zuluftverteileröffnungen (16) auf der Unterseite des Tauschers. Es sind jedoch auch Fälle denkbar, wo die Zuluftverteileröffnungen an der Oberseite des Tauschers eine vorteilhaftere Zuluftverteilung im Stall ergeben oder wenn der Tauscher z. B. an einer Stallwand um 90 Grad um die Längsachse gedreht, aufgespannt wird. Die Kondenswasserabflußvorrichtungen und die Zu- und Abluftführungen müssen dann natürlich sinngemäß an diese Lage angepaßt werden, was nicht näher beschrieben werden braucht.

Die Zuluftverteileröffnungen (16) können bereits bei der Herstellung in den Tauscher eingearbeitet sein, oder sie werden vor Ort nach dem Zuschneiden des Halbzeugs gebohrt oder eingebrannt oder eingeschmolzen oder eingeschnitten. Bei der einfachen Ausführungsform nach Fig. 4a) empfiehlt es sich im Nahbereich der Zuluftseinlaßöffnung die Zuluftkanäle nicht zu löchern, oder vorhandene (vorgefertigte) Zuluftlöcher (16) mittels einer daruntergespannten Zuluftstaufolie (25), die auch als Eistragefolie oder -platte (26) ausgelegt sein kann, zu verschließen, da in diesem Bereich noch kaum ein Wärmeaustausch erfolgte (vgl. Anspruch 21).

Fig. 4b) zeigt eine wesentliche Erweiterung des einfachen Konzeptes nach Fig. 4a): In dem Tauscher-/Zuluftverteilungssystem nach Fig. 4b) wird die Zuluft nicht unmittelbar aus Zuluftöffnungen in den Zuluftkanälen (3) des Tauschers selbst in den Stallraum geblasen, sondern die Zuluft durchläuft erst die ganze Tauscherlänge (besserer Tauschewirkungsgrad) bis sie auf die (unteren) groß (z. B. 0,4 m lang und die ganze Zuluftkanalbreite breit) ausgeschnittenen Zuluftaustrittsöffnungen (7) stößt wo sie in einen eigenen Zuluftverteilteraum (14) geleitet wird, der von einem unter dem eigentlichen Wärmetauscherfolienschlauch zusätzlich ausgespannten Zuluftverteilerschirm (15) gebildet wird.



Dieser Zuluftverteilerschirm enthält dann erst die feinen Öffnungen oder Schlitze (16) zur Zuluftverteilung in den Stallraum. Um den Abstand zur Unterfolie des darüberliegenden Wärmetauschers etwa auszugleichen, kann dieser Zuluftschirm (15) über Kanalhängeschnüre oder -streifen (17) an den Tauscher angehängt sein.

Die Ausführungsformen mit integrierter zusätzlicher Zuluftverteilerkammer entsprechen Anspruch 22 und können einschließlich des Zuluftverteilungsschirmes ebenfalls als Halbzeug grundsätzlich beliebiger Länge vorgefertigt sein (vgl. Ansprüche 25, 26, 27).

Auch in dieser Ausführungsform kann der Tauscher im Sommerbetrieb (Wärmeübertragungsfunktion bei hoher Luftrate und evtl. geöffneten Abluftklappen (13) stark reduziert oder ganz abgeschaltet) als Zuluftverteilersystem dienen. Dabei kann der (verhältnismäßig zu bisherigen Tauschern geringe) Zuluftströmungswiderstand im Tauscher durch eine Zuluftklappe (12) welche beim Öffnen die Zuluft auf kurzem Weg von den Zuluftöffnungen (6) in den Zuluftverteilteraum (14) leitet, weiter verringert werden.

Fig. 4c) zeigt eine weitere Ausgestaltungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Hängewärmetauschers gemäß Anspruch 15.

Hier wird in einem aus Folien oder Platten gebildeten flachen langgestreckten Kasten (Länge L, Breite B, Höhe H) oder (evtl. aus Ober-, Unter- und Seitenfolien gebildeten) flachen Folienschlauch (1) eine Trennfolie (2) der Länge L und einer Breite, die einem Mehrfachen der Breite B entspricht, der Länge L nach mäander- oder zickzackförmig gefaltet so in den Tauscherkasten oder Folienschlauch (1) eingelegt, gehängt, genäht, geklebt, geheftet oder geschweißt und an den Breitseitenenden mit dem Kasten oder Folienschlauch (1) dicht verbunden, so daß die voneinander getrennten Zuluftkanäle (3) und Abluftkanäle (4) gebildet werden. Die mechanische Anbindung der Ober- und Unterfolien der Trennfolie (2) an die Ober- bzw. Unterseite des Kastens oder des Folienschlauches (1) kann dabei auch lose über Kanalhängeschnüre oder -streifen oder Bänder (17) geschehen, so daß praktisch noch eine (Luftaustausch ermöglichende) Verbindung zwischen je den einzelnen Zuluftkanälen (3) (welche dann eine Zulufttauscherkammer bilden) und/oder eine ebensolche Verbindung zwischen den Abluftkanälen (4) besteht.

In Fig. 4c) sind beispielhaft auch Distanzschnüre oder -streifen (5) eingezeichnet, die wie bereits bei früheren Ausführungsformen beschrieben, die Aufgabe haben, die Einzelkanäle und das gesamte mit den Hängeseilen (18) und (19) aufgehängte Tauschergebilde in der gewünschten Form zu halten und für eine günstige Verwirbelung der durchströmenden Zu- oder Abluft zu sorgen, um den Tauscherwirkungsgrad zu erhöhen.

In Fig. 4c) ist außerdem eine einfache Möglichkeit der Steuerung des Verhältnisses der Luftströmungsquerschnitte (oder Volumina) der Zuluftkanäle (3) zu den Abluftkanälen (4) über Zugseile (31) angedeutet, welche z. B. jeweils mit zumindest einigen Distanzseilen oder -streifen (5) in deren Mitte (entsprechend einer "hantelartigen" Zugverbindung, welche eine erste Zugkraft in eine zweite Zugkraft senkrecht zur ersten umsetzt) verknüpft sind (vgl. Anspruch 16). Um diese Steuerung wirkungsvoller zu machen und um Maßtoleranzen der Tauscherfolien und der Seillängen auszugleichen, kann es sinnvoll sein, alle oder zumindest einen Teil der Distanzschnüre (5) und/oder der Kanalhängeschnüre (17) oder/und der Zugseile (31) aus flexiblem Material (z. B. Gummischnüren) zu fertigen oder diese mit Federele-

menten (z. B. dazwischengehängten Schraubenfedern) zu versehen.

Durch Ziehen an den Leinen (31) — die im Bild 4c nur im Querschnitt angedeutet sind — kann z. B. der Abluftstrom (4) verkleinert und der Zuluftstrom (3) vergrößert werden, was im Sommerbetrieb, wenn die Abluftstellklappe (13) geöffnet ist, wegen des dann geringeren Zuluftströmungswiderstandes durch den Tauscher vorteilhaft ist (wenn z. B. auf die zusätzliche Zuluftklappe (12) verzichtet wird). In diesem Fall können die Verstelleile (31) durch einen Hebel, welcher mit der Abluftstellklappe gekoppelt ist, mitbetätigt werden.

Die Tauscherform nach Fig. 4c) ist im übrigen diejenige, nach welcher vermutlich ein erfindungsgemäßer Hängetauscher nach Anspruch 13 mit einfachen handelsüblichen Materialien, ohne den Halbzeug-Wärmetauscherschlauch (nach Anspruch 25 bis 27) am einfachsten aufgebaut und getestet werden kann: Dazu können beispielsweise an der Decke alle 3 m mit leichtem Gefälle (5%) Hilfsspannen (B = 2 m lange waagerechte Holzlatten und links und rechts davon H = 0,5 m lange senkrechte Holzlatten) eingerichtet werden, welche mit den L = z. B. 5 m langen Decken- und Seitenfolien aus Kunststoff bespannt werden. Anschließend kann die L lange und z. B. 20 * H = 10 m breite Kunststofftrennfolie (2) zickzackförmig gefaltet ausgespannt und alle 10 cm an die Spannen geheftet werden. Eventuell können zickzack- oder mäanderförmig gebogene Bandseilen, welche über oder/und unter dieser Folie befestigt werden und die Folie (2) darunter/darüber oder zwischen die Formgebungsbandseilen gespannt werden, bei der regelmäßigen Faltengebung und Ausrichtung der Trennfolie (2) hilfreich sein. Unter der Trennfolie wird die Unterfolie ausgespannt. An der Abluftkaminseite werden nun die Zulufttauscherkanäle (durch einfaches Zusammenheften) verschlossen und in die Unterfolie alle 20 cm im Bereich der Zuluftkanäle (3) die z. B. 9 cm * 40 cm großen Zuluftaustrittsöffnungen (7) geschnitten (ca. 10 Öffnungen in 20 cm Abstand nebeneinander über die Breite B = 2 m) geschnitten. An der Ablufteinlaß-Stirnseite werden nun die Zulufttauscherkanäle (3) durch Zusammenheften verschlossen und in die Oberfolie alle 20 cm im Bereich der Zuluftkanäle (3) die z. B. 9 cm * 40 cm großen Zulufteintrittsöffnungen (6) geschnitten und an den Zuluftkanal an der Decke luftdicht angepaßt. Die Abluftkaminseite wird mit ihrer stirnseitigen Abluft-Auslaßöffnung (9) luftdicht an den z. B. B = 2 m breiten, H = 0,5 m hohen und ca. 1,2 m langen Kaminanschlußkasten unterhalb des Abluftkamins (29) mit durch Heften, Kleben und evtl. Abdichten mit Polyurethanschäum luftdicht angeschlossen.

Unter diesen Tauscher braucht nur noch in ca. 15 cm Abstand der Zuluftschirm (15) mit den Zuluftverteilungsöffnungen (16) luftdicht an die Tauscherunterseite anschließend gespannt zu werden.

Fig. 4d) zeigt die Möglichkeit, wie durch z. B. durch wechselnde Absteppung (Vernähen, Zusammenhängen, Zusammenkleben) der Tauschertrennfolien (2) in einem Tauscher nach Fig. 4a) oder 4b) in zwei verschiedenen Höhenebenen mit einer Wiederholungsperiode von $L_p = 1 \dots 3$ m die Zuluft wie die Abluft im Zuluftkanal (3) bzw. im Abluftkanal (4) beim Durchströmen abwechselnd von oben nach unten und umgekehrt verdrängt wird und somit für einen wirkungsvollen Wärmeaustausch gut durchmischt wird.

Die folgenden Figuren und Ansprüche sollen den Kerngedanken der erfindungsgemäßen Idee eines problemlosen, kostengünstigen von der Ventilatorenergie-

einsparung und von der Lärmerzeugung her besonders umweltfreundlichen Wärmetauschers abstützen helfen:

Fig. 5 zeigt die Tauscherwirkungsgrad/Lufraten- und die Druck/Lufraten-Kennlinien der erfindungsgemäßen Wärmetauscher im Vergleich zu herkömmlichen Wärmetauschern.

Durch den geringeren Luftüberdruck und die geringere Luftströmungsgeschwindigkeit im Tauscher ist der Lärmpegel bereits geringer als bei herkömmlichen Tauschern. Ein weiterer Lärmabbau wäre durch den Einsatz großflügelter langsamlaufender Ventilatoren (z. B. mit einer Nendrehzahl von 900/min anstelle von 1400/min) erreichbar. Diese Ventilatoren sind jedoch nicht besonders druckstabil, d. h. mit beginnendem stärkerem Gegendruck durch z. B. zunehmenden Luftwiderstand kann am äußeren Umfang eines Axialventilators die Strömung abreißen und es konnten teilweise rückwärtsgerichtete Luftströmungen beobachtet werden.

Wenn der Ventilator sowohl bei sehr hohen Lufraten und kleinem Gegendruck, z. B. im Sommer bei geöffneter Abluftklappe (13), als auch bei mittleren Lufraten und höheren Drucken im Tauscherbetrieb einen guten Wirkungsgrad aufweisen soll, wird die Modifikation des Axialventilators nach Anspruch 34 welche schematisch in Fig. 6 dargestellt ist, vorgeschlagen.

Die wesentliche Idee ist, daß sich die Stabilisatorfähnchen (34), die über den ganzen Umfang der Einzugsöffnung verteilt sein können, bei geringem Gegendruck mehr in axiale Richtung entsprechend Fig. 6d) einstellen und bei erhöhtem Gegendruck mit beginnenden Rückwirbeln in eine Umfangsrichtung nach Fig. 6c) einstellen. Im letzten Fall soll der Ventilator bei geeigneter Formgebung des Rotors (32) teilweise auch nach dem Prinzip des Radialverdichters arbeiten und somit gegen höhere Drücke, wenn auch bei kleinerer Luftleistung Lr fördern können. Die Winkeleinstellungsbegrenzung der Stabilisatorfähnchen (34) wird in diesem Beispiel durch einen Anschlagbolzen (35) auf den radialen Hilfsachsen (33) erreicht.

Fig. 7 zeigt schematisch die erwartete Verbesserung der Druck p_v /Lufraten Lr und der Wirkungsgrad/Lufraten Lr-Kennlinien des vorzugsweise mit Stabilisatorfähnchen modifizierten Axial/Radial-Ventilators gegenüber dem unmodifizierten Axialventilator.

Fig. 8 zeigt das Schema einer einfachen elektronischen Regelung sowohl der Ventilatorleistung (Abluft- oder/und Zuluft-Ventilator) als auch der Klappenstellung (Abluft- oder/und Zuluftstellklappe) mit der Stalltemperatur T_s als Regelgröße. Zwischen der Temperatur $T_s = T_1 \dots T_2$ (z. B. $-5^\circ\text{C} \dots +12^\circ\text{C}$) nimmt die Ventilatorleistung gleichmäßig zu und ab $T_s > T_3$ (z. B. 15°C) öffnen sich die Stellklappen.

Bei großzügiger Auslegung der Abluftkamine und gutem Kaminzug kann evtl. ganz auf Ventilatoren verzichtet werden (Anspruch 36) und die Stalltemperatur kann, falls erforderlich, mit einer Drosselklappe im Luftstrom konstant geregelt werden.

Anspruch 32 beschreibt eine Möglichkeit die räumliche Verteilung der Wärmeübertragung und damit letztlich die Temperaturverteilung im Tauscher durch Wärmeisolator- oder Wärmeleiterbrücken in der Trennwand (2) zu steuern. Das ist in vereisungsgefährdeten Bereichen nützlich.

Anspruch 29 beschreibt eine Reinigungsmöglichkeit des Tauschers mit eingearbeiteten Wasserzuleitungen und Anspruch 30 die Nutzung der Wasserzuführung zur Zuluftkühlung im Sommer.

Um zumindest einen Teil des feinen Staubes in der

Luft bereits an den Zuluft- oder Ablufteinlaßöffnungen des Tauschers durch elektrostatische Kräfte aufgeladene oder polarisierte Staubteilchen abzufangen, kann vor den jeweiligen Einlaßöffnungen (6) bzw. (8) ein elektrisches Leiternetz über eine Hochspannungsquelle und einen hochspannungsfesten Strombegrenzungswiderstand (um Gefährdungen von Personen bei Berührung auszuschließen) ein hohes (einige tausend Volt) elektrostatisches Potential angelegt werden (vgl. Anspruch 39). Bei geeigneter Auslegung kann diese Einrichtung evtl. gleichzeitig zur Verminderung von Schadinsekten dienen. Vögel und Nagetiere können vom Tauscherbereich nach Anspruch 38 durch ein Schutznetz oder Schutzgitter ferngehalten werden.

Die weiteren Ansprüche sind Ergänzungen, die den weitgehend störungsfreien Betrieb der erfindungsgemäßen Wärmetauscher-Anlage gewährleisten sollen und im Zusammenhang mit den anderen Ansprüchen und den Zeichnungen und vorliegender Beschreibung selbsterklärend sind.

Literaturhinweisverzeichnis:

[1] S. Vogt, Einsatz, Bau und Leistungsdaten von Luft-Luft-Wärmetauschern zur Beheizung und Klimatisierung von Stallgebäuden Landtechnik Weihenstephan/Techn. Univ. München Untersuchungsbericht 1984

[2] J. Krüger, Untersuchungen an Wärmetauschern im praktischen Einsatz, AEL-Bericht 9 Universität Kiel 1984

[3] K. Oberschmid, R. Oberschmid, Luft-Luft-Wärmetauscher mit Rippenrohr-Klemmblöcken und Spannvorrichtung ... DP-Anmeldung P 30 28 558.8 vom 29.08.1989

- 1 Wärmetauscheraußenwand
- 2 Trennwand
- 3 Zuluftwärmetauscherkammer
- 4 Abluftwärmetauscherkammer
- 5 Distanz- und Luftverwirbelungstreifen oder -schnüre
- 6 Zuluftteinlaßöffnung
- 7 Zuluftauslaßöffnung
- 8 Abluftteinlaßöffnung
- 9 Abluftauslaßöffnung
- 10 Zuluftventilator
- 11 Abluftventilator
- 12 Zuluftstellklappe
- 13 Abluftstellklappe
- 14 Zuluftverteilerkammer oder -kanal
- 15 Zuluftverteilerschirm
- 16 Zuluftverteileröffnungen
- 17 Kanalhängeschnüre oder -streifen oder -seile
- 18 Wärmetauscher-Längsspannseile oder -gurte
- 19 Wärmetauscher-Querspannseile oder -gurte
- 20 Wärmetauscher-Halbzeugschlauch
- 21 Kondenswasserablauföffnungen
- 22 Kondenswasser-Ablaufrinne
- 23 Querstreben
- 24 Versteifungsplatten
- 25 Versteifungsplatten
- 25 Zuluftstaurolie
- 26 Eistragefolie oder -Platte
- 27 Stirnseiten-Tauscherkanalverschlußdeckel
- 28 Sprühwasserzuführungsschlauch
- 29 Abluftkamin
- 30 Stalldecke
- 31 Zugseile zur Querschnittsveränderung von



Zuluftkammern (3) und Abluftkammern (4)

32 Ventilatorpropeller

33 radiale Hilfsachsen am Umfang der Ventilatoreinsaugöffnung

34 Rückwirbel-Stabilisatorfähnchen

35 Anschlagbolzen (Drehwinkelbegrenzung) für (32)

36 Hochspannungs-Feldelektroden oder -drähte zur Staubabsonderung

37 Lochraster-Spannfolie

Figuren-Kurzbeschreibungen:

Fig. 1 Schematischer Schnitt durch einen Wärmetauscher mit Folien-Außenwänden (1) und als Folien-Röhren ausgebildeten Trennwänden (2) nach Anspruch 3 und 4

Fig. 2 Querschnitte durch einen an der Stalldecke aufgespannten Wärmetauscher mit kombinierter Zuluftverteilung nach Anspruch 13

a) Querschnitt quer zur Längsrichtung des Tauschers

b) Querschnitt durch die Längsrichtung mit gleichbleibender Neigung nach Anspruch 23

c) Querschnitt durch die Längsrichtung bei Zickzack-Aufhängung nach Anspruch 24

Fig. 3 Perspektivische Darstellung des Wärmetauschers nach Anspruch 13 (entspricht Fig. 2a, 2b)

Fig. 4 Vorschläge zur Gestaltung des Folien-Wärmetauscherschlauches (20) nach Anspruch 13

a) Querschnitt durch eine einfache Ausführungsform mit Zuluftverteileröffnungen (16) direkt in den Zuluftkanälen (3) nach Anspruch 14

b) Querschnitt und Längsschnitt schematisch durch einen Wärmetauscher kombiniert mit Zuluftverteilerkammer (14) und Zuluftverteilerschirm (15) nach Anspruch 22

c) Querschnitt durch einen Wärmetauscher kombiniert mit Zuluftverteilerkammer (14) und Zuluftverteilerschirm (15) mit eingehängter mäanderförmig gefalteter Trennfolie (2) nach Anspruch 15

d) Beispiel Wechselabsteppung der Trennfolien (2)

Fig. 5 Typ. Kennlinien des erfindungsgemäßen Wärmetauschers (Tauscherwirkungsgrad und Druck abh. von der Luftrate) im Vergleich zu herkömmlichen Wärmetauschern

Fig. 6 Axialventilator mit Stabilisatorfähnchen (34)

a) Ansicht von unten (axiale Richtung)

b) Schnitt durch die Ventilatorachse

c) Stellung des Stabilisatorfähnchens bei hohem Strömungswiderstand (hohem Gegendruck)

d) Stellung des Stabilisatorfähnchens bei geringem Strömungswiderstand (geringem Gegendruck)

Fig. 7 Darstellung der typischen Veränderung der Ventilator Kennlinien (Wirkungsgrad und Druck abhängig von der Luftrate L_r) durch die Stabilisatorfähnchen (34) (— — — mit Stabilisatorfähnchen, — — — ohne Stabilisatorfähnchen)

Fig. 8 Schematische Darstellung einer Regelungsanlage für Ventilator und Stellklappe gesteuert von der Stalltemperatur T_s

Patentansprüche

1. Wärmetauscher (Wärmeübertrager) zur Wärmeenergieübertragung von warmer Abluft zur kälteren Zuluft besonders für landwirtschaftliche Viehställe, **gekennzeichnet dadurch**, daß mindestens ein Teil der Außenwand (1) des Wärmetauschers (Wärmeübertragers) in direktem Kontakt mit dem zu klimatisierenden Raum (Viehstall) steht und mit Poren, Löchern-Schlitzten oder anderen Öffnungen (16) versehen ist, welche angewärmte Zuluft in den Raum abgeben. Damit ist der Wärmetauscher selbst ein Teil des Zuluftkanales (14) und des Zuluftverteilungssystems (15).

2. Wärmetauscher (Wärmeübertrager) zur Wärmeenergieübertragung von warmer Abluft zur kälteren Zuluft besonders für landwirtschaftliche Viehställe, **gekennzeichnet dadurch**, daß mindestens ein Teil der wärmeübertragenden Trennwände (2) zwischen Zuluftkammerraum (3) und Abluftkammerraum (4) so beweglich ist, daß sich die Volumina der Zuluftkammern (3) und (4) durch den Druckunterschied zwischen beiden Gasen verändern und/oder durch eine Seilzugvorrichtung gezielt (gesteuert) verändert werden können. Damit können sowohl die Strömungswiderstände als auch der Tauscherwirkungsgrad gesteuert werden.

3. Wärmetauscher (Wärmeübertrager) zur Wärmeenergieübertragung von warmer Abluft zur kälteren Zuluft besonders für landwirtschaftliche Viehställe, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Außenwand des Wärmetauschers aus einem elastischen oder plastischen Material, z. B. Kunststoffolie, Stoff, gummiertem oder metallisiertem Gewebe besteht und nur durch den Druckunterschied der verschiedenen Gasräume und/oder durch ihre Schwerkraft und/oder durch Längs- und Quer-Abspannseile in Form gehalten wird.

4. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2 **gekennzeichnet dadurch**, daß die Trennwände als Röhren aus elastischem oder plastischem Material, welche ihre Form den geringen Druckunterschieden bei Lüftungswärmetauschern von ca. 5 Pa bis 200 Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) derart anpassen, daß sie bei Innen-Überdruck einen fast kreisförmigen Querschnitt aufweisen und sich bei Innen-Unterdruck zusammenziehen oder zusammenfallen.

5. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2 **gekennzeichnet dadurch**, daß die Trennwände (2) elastisch aufgespannte Folien sind, welche abwechselnd Zuluft- und Abluftkammern voneinander trennen.

6. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2 **gekennzeichnet dadurch**, daß die Verschiebbarkeit der Trennfolien (2) in jeweils einer der Tauscherkammern (Zu- oder Abluft) durch eingeklebte oder eingeschweißte flexible aber in der Länge begrenzte Distanzstücke (5) begrenzt ist. Diese Distanzstücke (5) sind beispielsweise Schnüre oder Streifen aus gewebtem oder gesponnenem Natur- oder Kunststoff und in ausreichender Zahl (in jede zweite aus den Trennfolien gebildete Tauscherkammer) z. B. 4 bis 20 je m^2 in die Folienflächen eingefügt.

7. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 6 **gekennzeichnet dadurch**, daß die Distanzstücke (5) als Streifen ausgeführt sind, welche evtl. mit leichter Winkelneigung, z. B. $1 \dots 30$ Grad und wechselnder Ausrichtung bezogen auf die mittlere Luftströ-

mungsrichtung so zwischen die Folien eingeschweißt oder eingeklebt oder eingnäht sind, daß sie durch ihre Richtwirkung auf die durchströmende Luft eine Verwirbelung derselben bewirken und so die Wärmeübertragung erhöhen.

8. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2 und 6 gekennzeichnet dadurch, daß sowohl in Zu- als auch in die Abluft-Tauscherkammern Distanzstreifen (5) zur Luftverwirbelung für bessere Wärmeübertragung eingefügt sind. In die Zwischenkammern, welche bei Druckverminderung des anderen Kammersystems fast das ganze Tauschervolumen einnehmen sollen, sind entsprechend längere Distanzstreifen einzufügen.

9. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 3 gekennzeichnet dadurch, daß die elastische oder plastische Außenwand des Wärmetauschers aus gut wärmeisolierendem Material besteht — insbesondere wenn der Tauscher nicht innerhalb des Viehstalles untergebracht ist oder wenn Kondenswasserbildung an der Innenseite der Außenhaut des Wärmetauschers vermieden werden soll.

10. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 1 gekennzeichnet dadurch, daß die elastische oder plastische Außenwand des Wärmetauschers aus verhältnismäßig gut wärmeleitendem Material besteht — insbesondere wenn der Tauscher innerhalb des Viehstalles untergebracht ist und die Wärmeübertragung durch die Außenhaut des Tauschers zusätzlich genutzt werden kann.

11. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2 gekennzeichnet dadurch, daß die durch die Druckverhältnisse in den Tauscher-Gasräumen des Tauschers gesteuerten Trennwände und die damit veränderten Strömungsquerschnitte und Strömungswiderstände vom Zu- und Abluft derart genutzt werden, daß mit einer einzigen Stellklappe auf der Zu- oder Abluftseite auch die Strömungsverhältnisse im je anderen Gasraum in sinnvoller Weise mitgesteuert wird.

12. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 3 gekennzeichnet dadurch, daß der Wärmetauscher aus mindestens zwei, vorzugsweise drei oder mehreren zueinander etwa parallel zwischen zwei elastischen luftdichten Seitenwänden an der Stalldecke ausgespannten elastischen oder plastischen Folien besteht, in deren Zwischenräumen abwechselnd die Zu- und die Abluft strömt.

13. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 1 und 3 gekennzeichnet dadurch, daß der Wärmetauscher (Wärmeübertrager) im wesentlichen ein flacher Folienschlauch (20) mit etwa Rechteckquerschnitt, z. B. 1 ... 3 m breit, ca. 0,1 bis 1 m hoch ist, der unter der Stalldecke ausgespannt ist und in welchem in Längsrichtung eine Trennfolie (2) zwischen Abluft- und Zulufttraum zickzack- oder mäanderförmig ausgespannt ist. Die Ab- und Zuluft durchströmt den Tauscher in Längsrichtung, wobei diejenige Folienschlauchseite, an welcher die Frischluft (Zuluft) entlangströmt, zumindest teilweise mit Schlitz- oder Lochreihen (16) perforiert ist, durch welche die Zuluft in den Stall verteilt wird.

14. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß die wechselweise nebeneinanderliegenden Zuluftkanäle (3) und Abluftkanäle (4) in Längsrichtung des Tauscherschlauches (20) liegen und bei dessen Fertigstellungsprozeß z. B. durch Einschweißen, Einleben oder Einspritzen von

vertikalen Trennfolien (2) zwischen der Ober- und Unterseite des Tauscherschlauches gebildet werden. Der mittlere Abstand d der Trennwände (2) kann z. B. ca. 1 cm bis 15 cm betragen.

15. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß die wechselweise nebeneinanderliegenden Zuluftkanäle (3) und Abluftkanäle (4) in Längsrichtung des Tauscherschlauches (20) liegen und bei dessen Fertigstellungsprozeß durch Einziehen einer zickzack- oder mäanderförmig gefalteten zusammenhängenden Trennfolie (2) gebildet wird, wobei die Trennfolie (2) an den Unterteilungsstellen fest an die Ober- oder Unterseite der Wärmetauscherfolie (20) befestigt (z. B. geklebt, genäht, geschweißt) sein können oder mit einem kleinen Zwischenraum über Kanalhängeschnüre, -streifen oder -seile (17), so daß eine Verbindung jeweils der Zuluftkanäle (2) oder/und Abluftkanäle je untereinander besteht.

16. Wärmetauscher nach mindestens den Ansprüchen 2 oder 13, gekennzeichnet dadurch, daß die Strömungsquerschnitte der Zuluftkammern (3) und der Abluftkammern (4) durch Seilzüge (31) welche mit den Distanzschnüren oder -streifen (5) oder den Kanalhängeschnüren (17) der Trennwände (2) verbunden sind und in Längsrichtung aus dem Tauscherschlauch (20) herausgeführt und parallel zu einem Zugstrang zusammengefaßt werden, durch Zug an diesem gesteuert werden können.

17. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß der Folienschlauch (20) über Längsspannseile oder -gurte (18) und/oder Querspannseile oder -gurte (19), welche in den Wärmetauscherfolienschlauch (20) eingearbeitet (geschweißt, geklebt, genäht) sind oder in welche der Wärmetauscher (20) z. B. mittels Schlaufen oder Hacken eingehängt ist, an der Stalldecke aufgehängt ist.

18. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß der Zuluftkammeraum aus Zuluftkanälen (3) längs des Folienschlauches (20) besteht, welche über Öffnungen (6) an einen Zuluftschacht angeschlossen sind, in welchem ein Zuluftventilator (10) eingebaut sein kann.

19. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß der Abluftkammeraum aus Abluftkanälen (4) längs des Folienschlauches (20) besteht, welche an einer Stirnseite Öffnungen (8) zum Stallraum hin besitzen, und an der gegenüberliegenden Stirnseite Öffnungen (9) zu einem Abluftkanal oder Abluftkamin (29) besitzen, in welchem ein Abluftventilator (11) eingefügt sein kann.

20. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13 gekennzeichnet dadurch, daß die Zuluftkanäle (3) über mindestens einen Teil der Tauscherlänge hinweg zum Stallraum hin mit Öffnungen (16) in Form von Löchern oder Erhitzern an den Stallraum angeschlossen sein können.

21. Wärmetauscher nach mindestens Ansprüchen 13 und 20, gekennzeichnet dadurch, daß die Zuluftkanäle (3) in der Nähe der Zulufteinlaßöffnungen (6) keine Öffnungen (16) zum Stallraum hin haben, oder/und daß an dieser Stelle der Wärmetauscherschlauch (20) mindestens an Unterseite durch eine Folie oder Platte (26) unterfangen wird, welche evtl. vorhandene Öffnungen (16) verschließt, und welche im Vereisungsfall zugleich das Gewicht des in den



Abluftkanälen (4) gebildeten Eises mit aufnimmt.

22. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Zuluft nicht wie in Anspruch 17 über Zuluftöffnungen (16) direkt in den Zuluftkanälen (3) des Tauschers (20) in den Stallraum geblasen wird, sondern über seitliche Zuluftauslaßöffnungen (7) an der zu den Zuluftteinlaßöffnungen (6) entgegengesetzten Stirnseite des Tauschers (20) in eine Zuluftverteilungskammer (14) geführt wird, von wo sie über Zuluftverteilungsöffnungen (16) im Zuluftverteilerschirm (15), der eine Wandfläche der Zuluftverteilerkammer (14) und damit auch des erweiterten Folientauscherschlauches (20) bilden kann, in den Stallraum geblasen wird.

23. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß der Wärmetauscher (20) mit einer Neigung von ca. 1% bis 10% an der Stalldecke gegen die Horizontale aufgehängt ist und daß an der tiefsten Stelle kleine Kondenswasserablauföffnungen (21) von ca. 0,3 cm bis 3 cm von den einzelnen Abluftkanälen (4) in den Stallraum nach unten durch die Unterdecke des Wärmetauschers und evtl. den Luftverteilungskanal (14) und den Verteilerschirm (15) durchgeführt sind und daß an dieser Stelle eine ebenfalls leicht geneigte Sammelrinne (22) quer zur Längsrichtung des Tauschers hängt, welche das Kondenswasser sammelt und ableitet. Wenn der Tauscher (20) zu den stirnseitigen Ablaufeinlaßöffnungen (8) hin nach unten geneigt ist, kann das Kondenswasser auch über diese Öffnungen (8) abfließen und die Kondenswasserrinne (22) kann unter diesen Öffnungen hängen.

24. Wärmetauscher nach mindestens den Ansprüchen 13 und 23, gekennzeichnet dadurch, daß der Wärmetauscher (20) in Abschnitten von je ca. 1 m bis 5 m mit wechselnder Neigungsrichtung zickzackförmig mit Neigungen von ca. 1% bis 20% der einzelnen Abschnitte an der Decke aufgehängt ist, und daß an den jeweils tiefsten Stellen Kondenswasserableitungen (21) mit zugehöriger Ablaufrinne (22) wie in Anspruch 23 vorgesehen sind.

25. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß der gesamte Wärmetauscher (20) mit Außenfolien und Trennwänden (2) und evtl. Zuluftverteilerkammer (14) und Zuluftverteilerschirm (15) und Zuluftverteileröffnungen (16) in praktisch beliebiger Länge als Halbzeug vorgefertigt ist, und durch Zuschneiden der Länge, Ausschneiden der Zuluftteinlaßöffnungen (6) und Schließen (deckeln, klammern, kleben, schweißen, nähen) der jeweiligen stirnseitigen Abluft- und Zuluftkanalöffnungen evtl. mit Hilfe von Stirnseiten-Kanalverschlußdeckeln (27), an beliebige Stallgrößen angepaßt werden kann.

26. Wärmetauscher nach mindestens Ansprüchen 3 oder 13, gekennzeichnet dadurch, daß der Tauscher (1) oder das Tauscher-Halbzeug (20) aus verschweißten, geklebten, genähten Kunststoffolien, oder mit eingelegten Fasern, Schnüren oder Gurten reißfest gemachten Kunststoffolien (z. B. Polyethylen-Bändchenfolie) evtl. auch mit eingelegten Metallfolien (z. B. Aluminiumfolie) besteht.

27. Wärmetauscher nach mindestens den Ansprüchen 1 oder 13, gekennzeichnet dadurch, daß das Tauscher-Halbzeug (20) aus einzelnen in Längs- und Querrichtung über Fassungen aneinanderfügbare Module (aus Kunststoff oder Metall) — und

nicht wie in Anspruch 13 aus einem zusammenhängenden Folienschlauch besteht.

28. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 4, gekennzeichnet dadurch, daß die als Röhren ausgebildeten Trennwände (2) durch Distanzstreifen aus plastischem oder elastischem Material oder einem Stütznetz aus senkrechten und evtl. waagrechten Schnüren oder Streifen in geordneter Lage zueinander und zu den Wärmetauscheraußenwänden gehalten werden. Die Streifen oder das Schnurnetz ist an den Außenwänden befestigt und halten diese — falls sie nach Anspruch 2 aus nichtstarrem Material bestehen — gleichzeitig in Form. Die Folienröhren sind an den Streifen oder Schnüren festgeklebt oder andere befestigt oder sie liegen im Schnurnetz.

29. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens in die abluftseitigen Zwischenräume ein Wasserverteilungsschlauch mit kleinen Öffnungen zur Verteilung von Wasser eingearbeitet ist, welcher eine Reinigung der Wärmetauscherfolienwände bei Bedarf leicht möglich macht.

30. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 21, gekennzeichnet dadurch, daß die Wasserzuführung im Sommer auch zur Kühlung der Zuluft benutzt werden kann, wenn fortwährend möglichst kaltes Wasser in den Abluftkanälen des Wärmetauschers versprüht wird.

31. Wärmetauscher nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet dadurch, daß der Luftströmungsquerschnitt der abluftseitigen Luftkammern gegen das Austrittsende der Abluft aus dem Wärmetauscher sich (konisch) vergrößert — um bei beginnender Vereisung einer völligen Drosselung des Abluft-Luftstromes entgegenzuwirken.

32. Wärmetauscher nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet dadurch, daß in die Trennwände (2) zwischen den Zu- und Abluftwärmetauscherkammern Wärmeleitbrücken z. B. aus korrosionsfestem, gut wärmeleitendem Metall, oder Wärmeisolatorstücke z. B. aus Kunststoff mit eingeschlossenen Luftporen oder Luftblasen derart gezielt eingeklebt, eingehaftet oder sonstwie eingefügt sind, daß insbesondere bei sehr niederen Außentemperaturen ein Temperaturgefälle innerhalb des Wärmetauschers eingestellt wird, welches die Vereisung verhindern oder zumindest den Verlauf einer Vereisung räumlich so steuert, daß eine vollständige Vereisung, wobei der Abluftdurchzug völlig gedrosselt würde, verhindert wird.

33. Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, daß zur Zu- und Abführung der Luft sowohl im Winter wie im Sommer besonders druckstabile Ventilatoren (10) bzw. (11) mit einem weiten Arbeitsbereich in ihrer Druck-/Lufraten-Kennlinie eingesetzt werden.

34. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 33, gekennzeichnet dadurch, daß Axialventilatoren eingesetzt werden, welche auf der Ansaugseite am äußeren Umfang des Ansaugkanales im Abstand von ca. 0,01 ° D bis 0,3 ° D (D = Ventilatordurchmesser) vor dem Rotorflügel (32) mehrere (z. B. 4 bis 64) auf dem Umfang verteilte Stabilisator-Fähnchen (34), welche um jeweils radial ausgerichtete

Hilfsachsen (33) in einem begrenzten Winkelbereich von z. B., ca. 0 Grad bis 90 Grad in Drehrichtung des Ventilatorrotors zur Rotorachse drehbar angeordnet sind, wodurch bei beginnender Gegenströmung am Umfang infolge zunehmenden Strömungswiderstandes auf der Überdruckseite die Stabilisatorfähnchen () so umschwenken, daß die zunehmend auftretende Umfangsströmung bei erhöhtem statischem Druck ohne Rückstrom in den Aunsaugbereich stabilisiert wird.

35. Wärmetauscher nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet dadurch, daß der Wärmetauscherkammeraum (3) und (4) der Zu- und Abluft so groß ausgelegt wird, daß sein Strömungswiderstand besonders gering ist, so daß als Ventilator ein leiselaufernder Langsamläufer mit großem Durchmesser eingesetzt werden kann.

36. Wärmetauscher nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet dadurch, daß der Strömungswiderstand der Tauscherkanäle so gering ist, daß kein Ventilator benötigt wird und die Auftriebskraft angewärmter Luft (Kaminwirkung) für die Luftumwälzung ausreicht.

37. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß am Abluftkamin (29) eine Stellklappe (13) vorgesehen ist, welche die Zumischung von Stallablufte direkt in den Abluftkamin (ohne den Wärmetauscher zu durchlaufen) möglich ist und daß diese Klappe evtl. selbsttätig über die Zulufttemperatur gesteuert sein kann.

38. Wärmetauscher nach mindestens Anspruch 13, gekennzeichnet dadurch, daß die Zuluft- und/oder Abluftöffnungen (6), (7), (8), (9) durch ein Gitternetz aus z. B. Metalldraht oder Kunststoff mit geringem Luftströmungswiderstand abgedeckt sind, um z. B. Nestbau durch Vögel oder Nagetiere im Tauscher zu verhindern.

39. Wärmetauscher nach mindestens einem vorhergehenden Anspruch, gekennzeichnet dadurch, daß an oder kurz vor der Einlaßöffnung der Zuluft (6) und/oder der Abluft (7) ein Metalldraht oder Metallgitternetz (36) isoliert aufgehängt ist, welches über einen Strombegrenzungswiderstand von ca. 100 kOhm bis 1 MOhm auf einem elektrischen Gleichspannungspotential von z. B. ... 100 kV gegenüber Erdpotential liegt.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

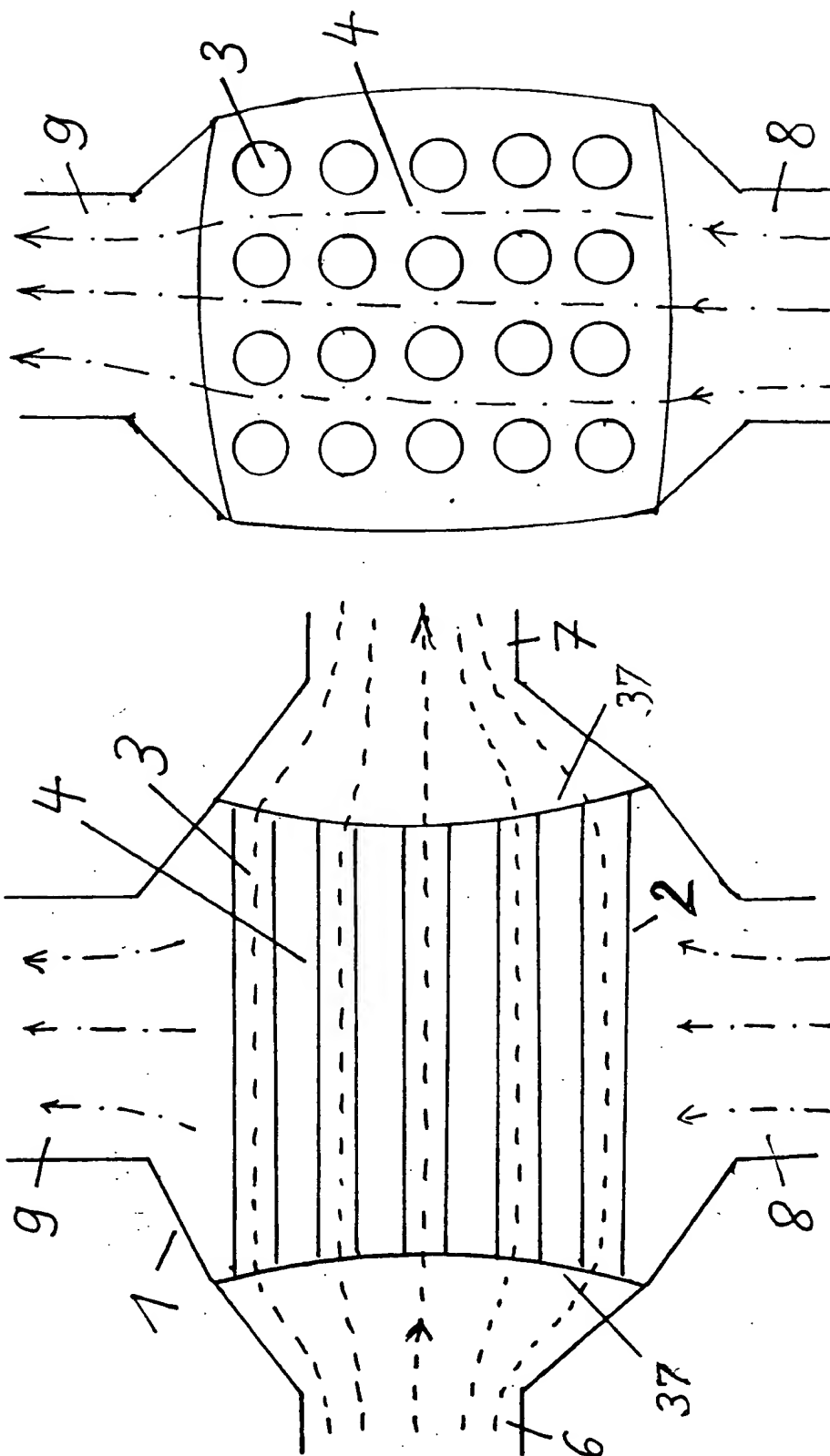
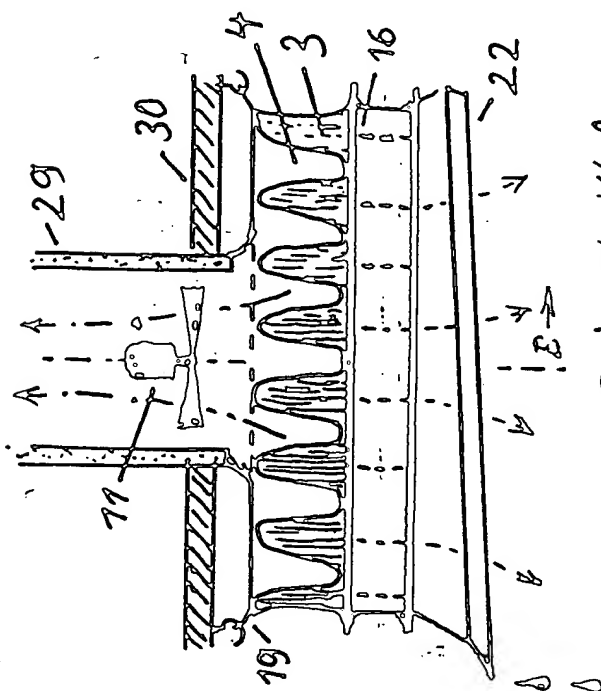
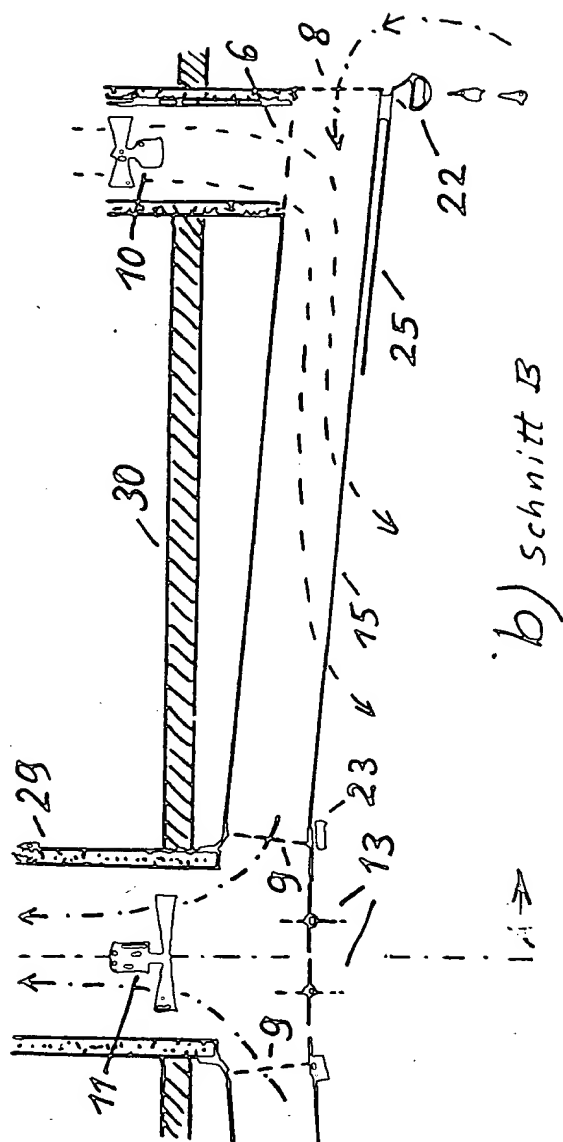


Fig. 1

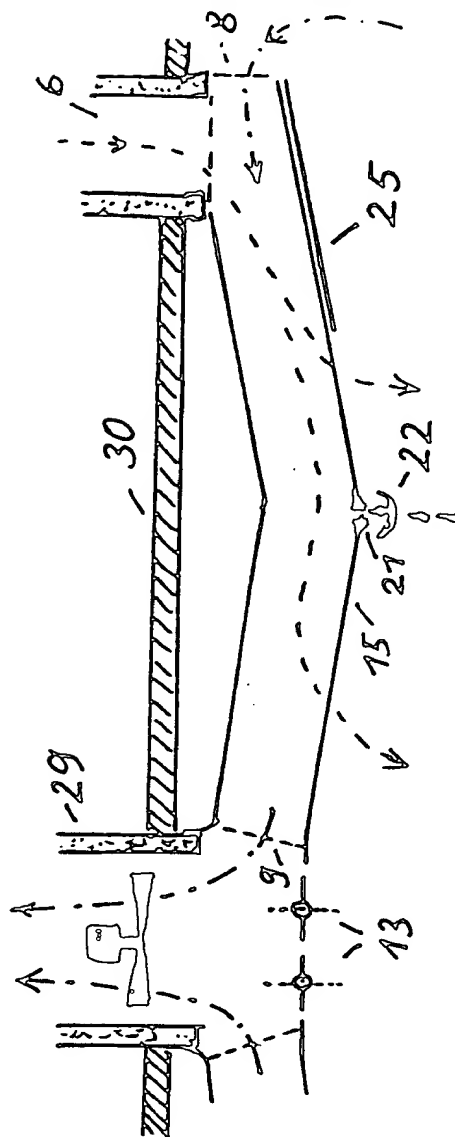
---> Zuluft
- - -> Abluft



Cl) Schnitt A



b) schnitt B



c) Schnitt B

---Zukunft
---Abkunft

Ab Luft

20

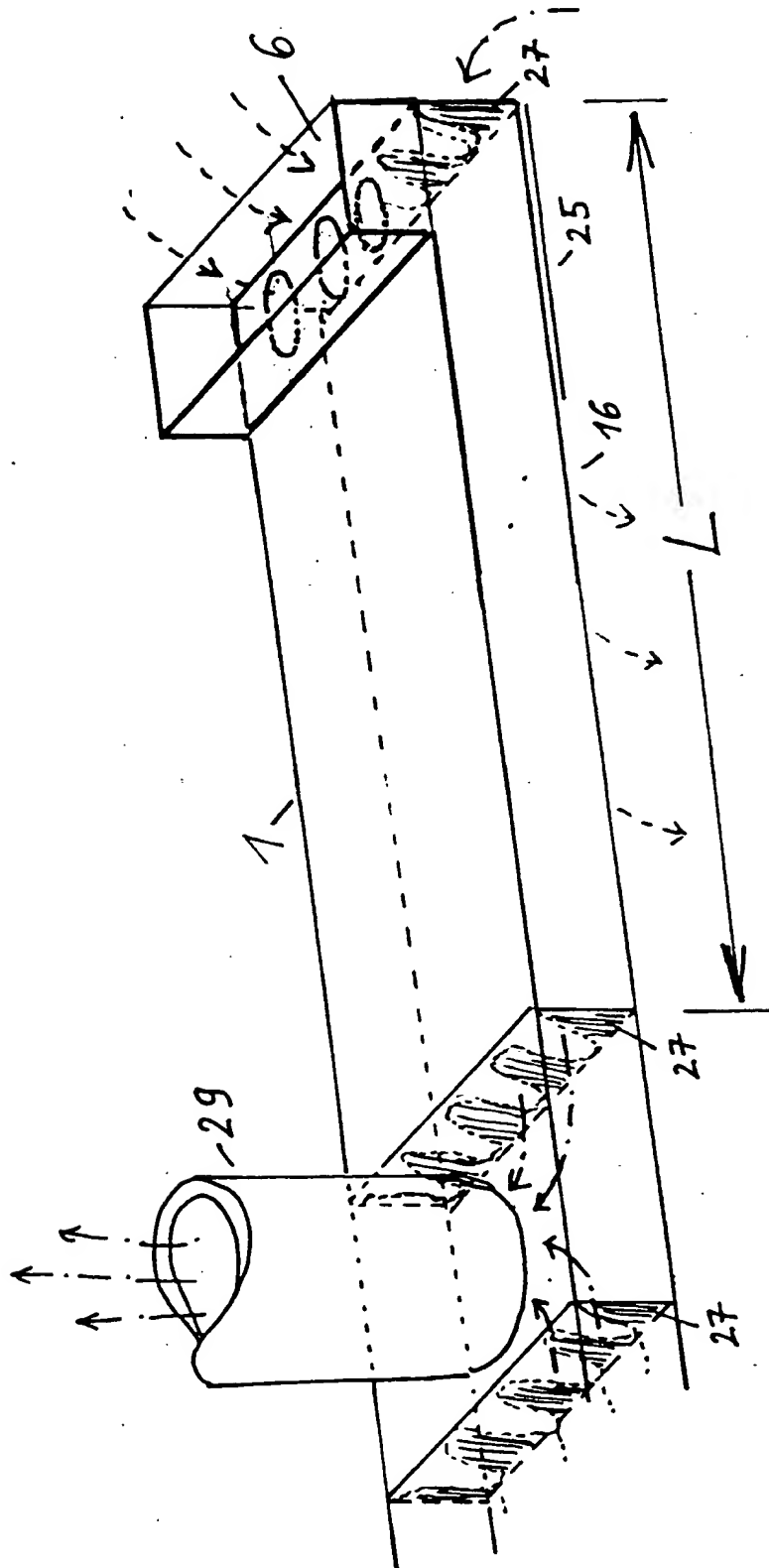


Fig. 3

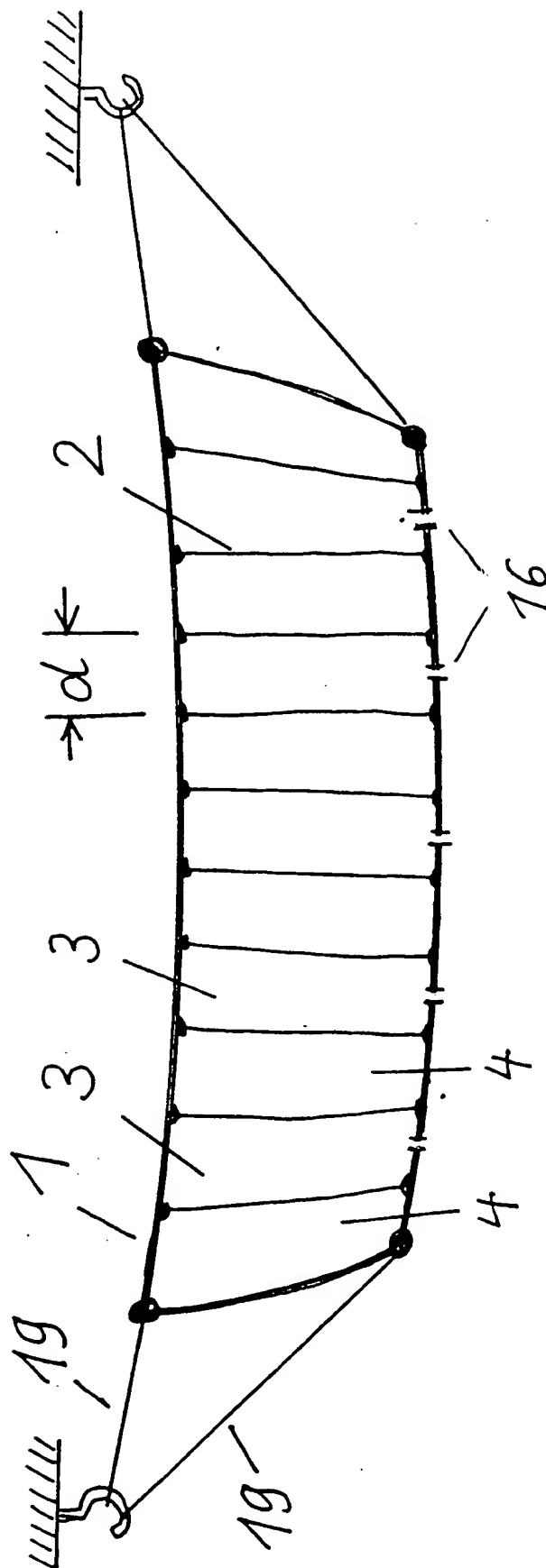
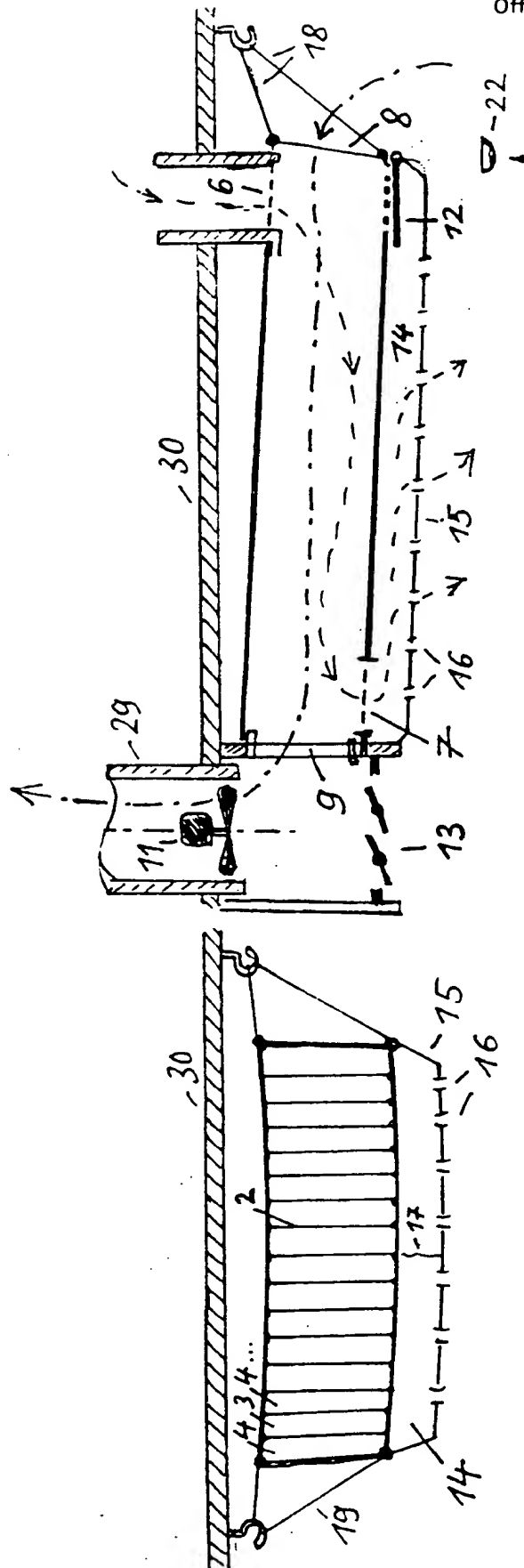


Fig. 4a



Längsschnitt

Fig 4 b)

Querschnitt

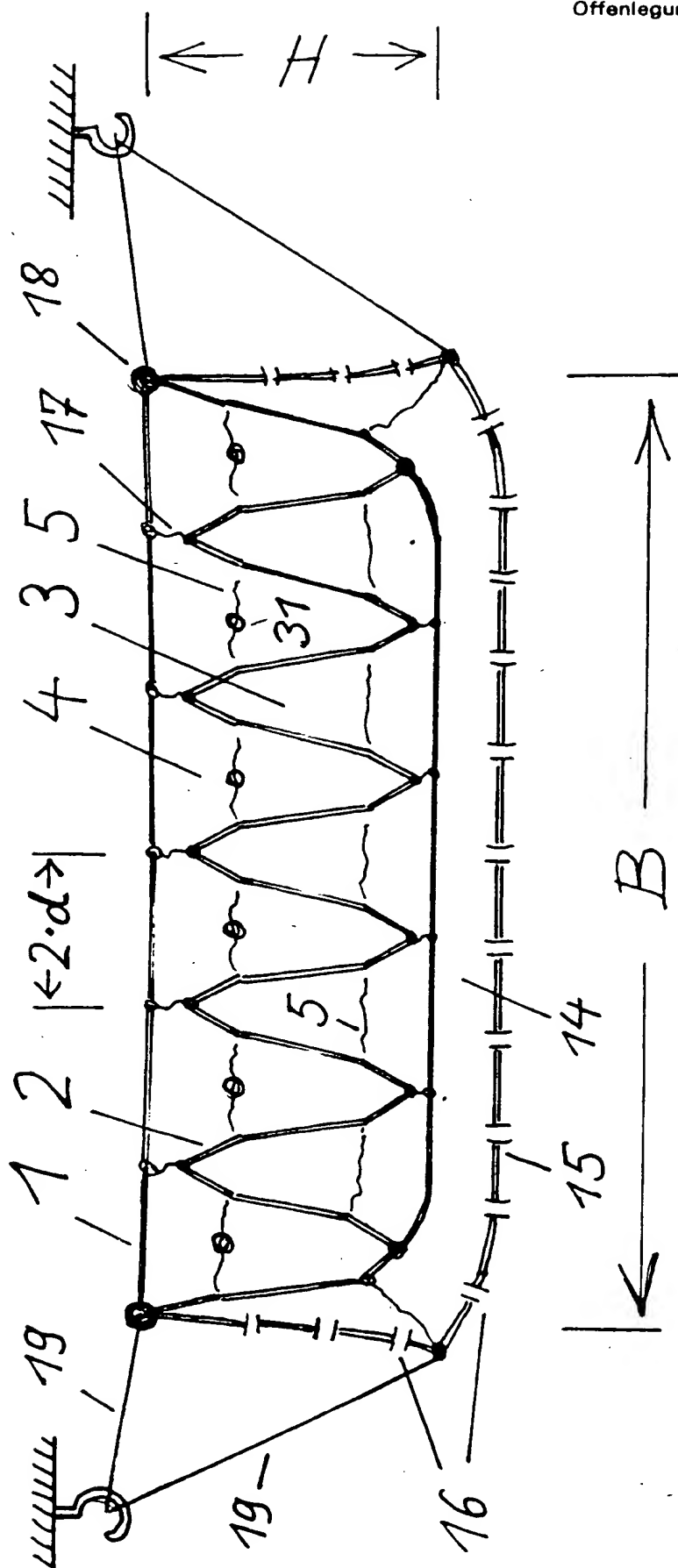
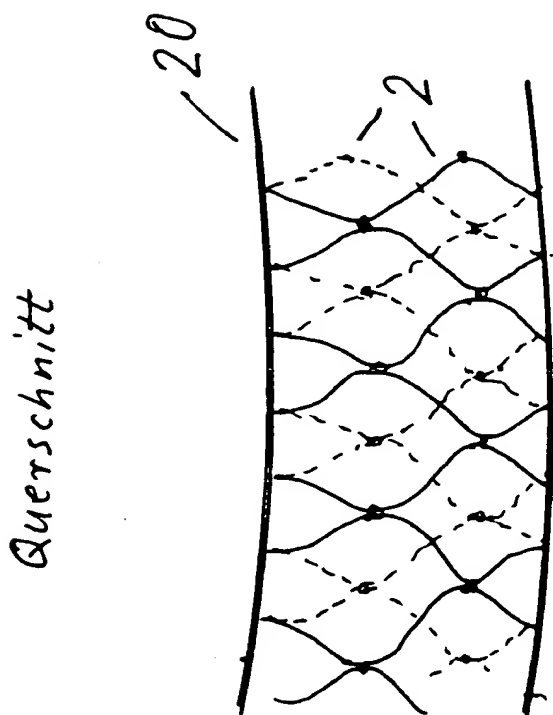
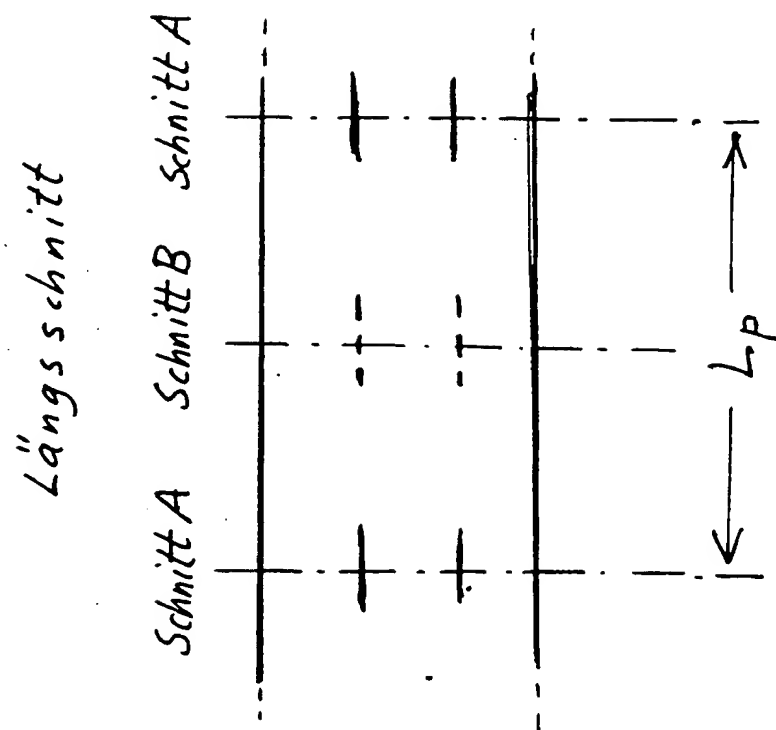


Fig. 4c



— Schnitt A
--- Schnitt B

Fig 4 d

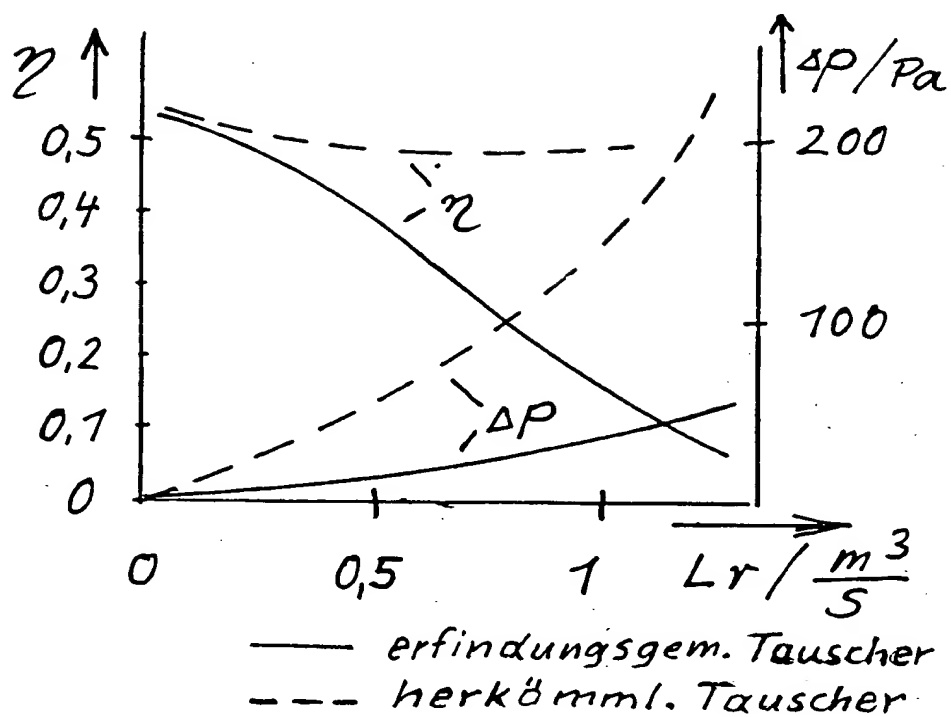


Fig. 5

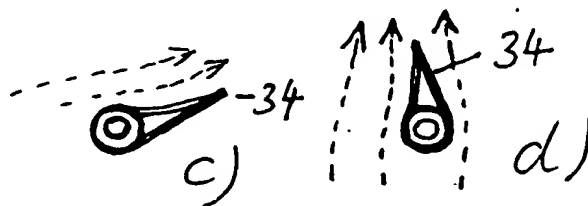
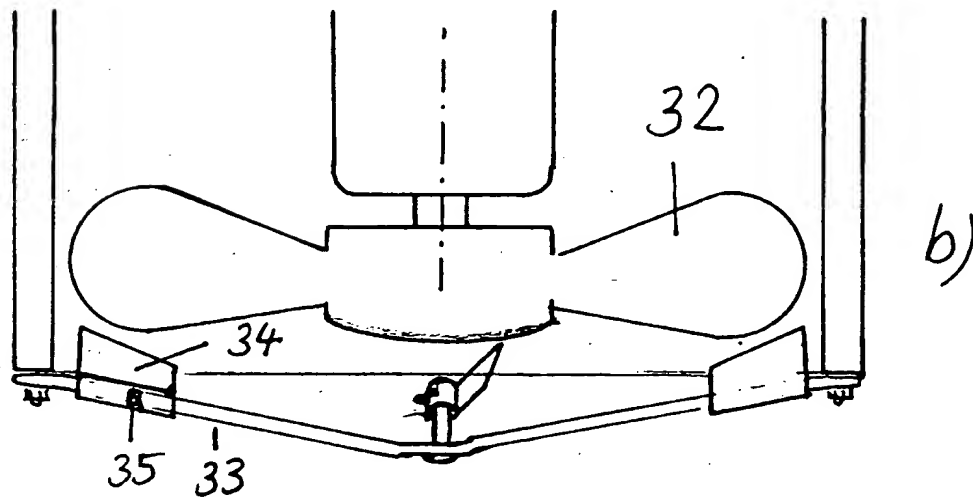
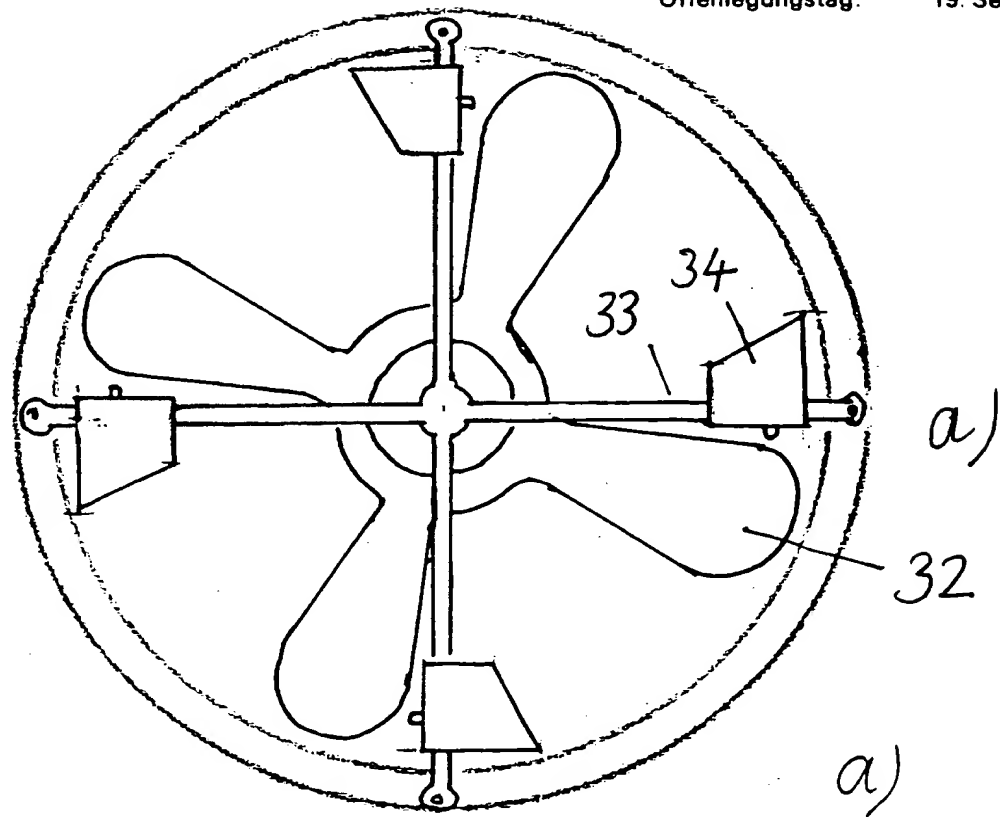


Fig. 6

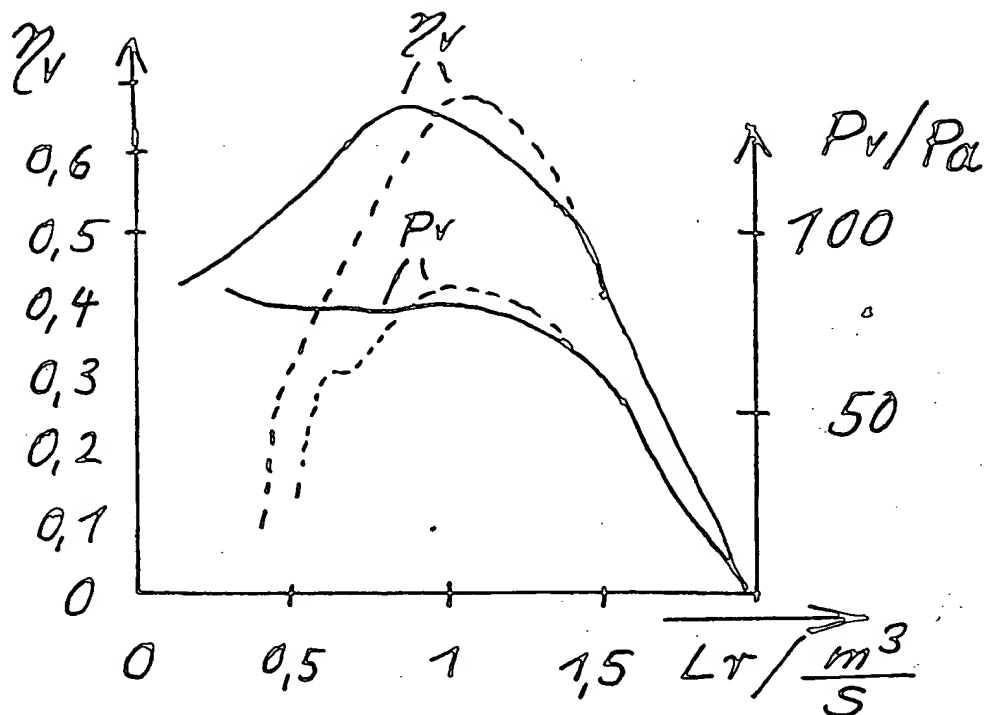


Fig. 7

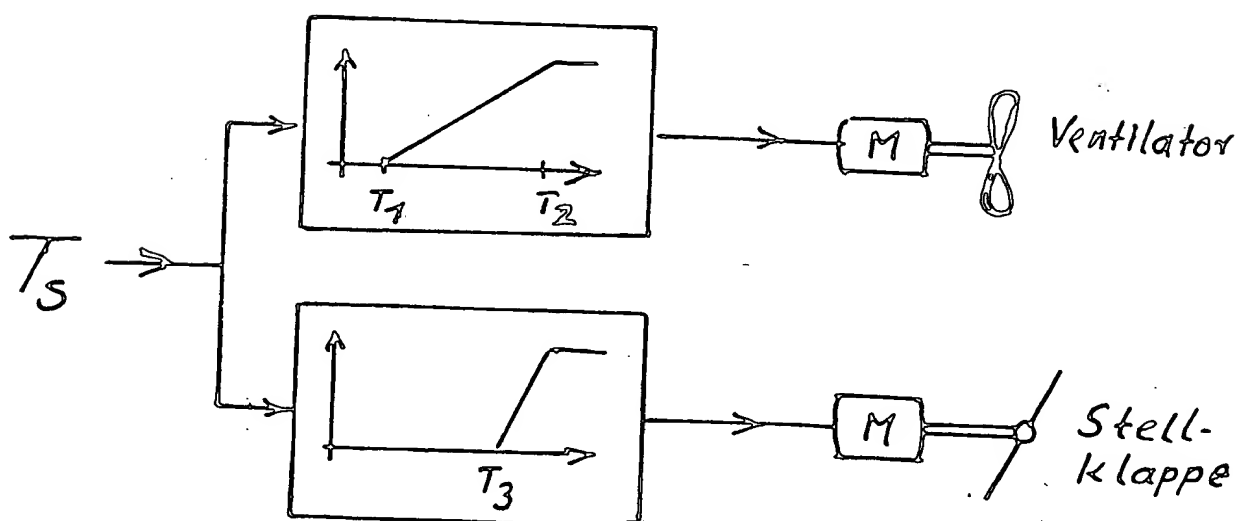


Fig. 8